

La fertilisation minérale du cotonnier au Paraguay

par M. BRAUD¹, C. CENTURION²,
P. DEBRICON³, O.S. HAHN-HORN⁴

RÉSUMÉ

Dans certaines situations, les déficiences potassique et phosphatée représentent des facteurs limitants de la production cotonnière.

La déficience potassique peut être facilement diagnostiquée par observations visuelles ou interprétation de résultats d'analyses foliaires. La déficience phosphatée ne peut être décelée actuellement au Paraguay que par l'interprétation des résultats d'analyses foliaires ; elle est souvent associée à la déficience potassique.

Une formule d'engrais est proposée à la vulgarisation : 75 kg/ha de phosphate d'ammoniaque, + 150 kg/ha de chlorure de potassium.

Bien orientée, l'application de cette fertilisation peut entraîner un accroissement de la production de 30 à 60 % et une amélioration sensible de la longueur et de la maturité de la fibre.

INTRODUCTION

La culture cotonnière, après un déclin net en 1971, connaît actuellement, au Paraguay, un développement important (tabl. 1) qui la place au premier rang parmi les priorités nationales, fixées par les autorités et concernant les cultures annuelles. Cette situation tient pour une grande part à l'introduction de la variété Réba B 50 et à des conditions économiques

plus favorables.

En 1971, la nécessité est apparue d'étudier les problèmes de fertilisation afin d'accroître, si possible, l'efficacité de la variété introduite. L'étude présentée ici donne les principaux résultats obtenus à l'issue de la campagne 1975-76.

Tableau 1. — Evolution de la culture cotonnière au Paraguay, de 1970 à 1974*.

	1970	1970-1971	1971-1972	1972-1973	1973-1974
Superficie récoltée (milliers d'ha)	46,9	33,2	57,2	81,1	100,5
Production (milliers de tonnes)	39,6	17,5	52,9	85,3	90,5
Rendement (kg/ha)	844	527	925	1 052	900
Revenu correspondant (milliers de U.S. \$)	4 494	958	4 291	13 605	18 068

LE MILIEU

La culture cotonnière n'intéresse pratiquement (96 %) que la zone orientale du pays situé à l'est du Rio Paraguay, zone comprise entre le 23° et le 27°

parallèle sud. Dans cette zone, les régions de principales productions sont :

1. Ingénieur agronome, I.R.C.T. Montpellier.
2-4. Ingénieurs agronomes au Paraguay.

3. Expert I.R.C.T. au Paraguay.
* Voir bibliographie.

Tableau 2. — *Production de coton-graine (kg/ha) obtenue avec la variété Réba B 50, de 1970 à 1975, sur 125 essais réalisés pour la plupart sans engrais.*

Localités	Médiane	Limites supérieures	
		1 ^{er} quartile	3 ^e quartile
Conception	2 003	1 624	2 324
La Cordillera	1 758	1 476	2 190
Caaguazu	2 363	1 450	2 600
Caazapa	2 134	1 800	2 988
Misiones	1 834	1 067	2 735
Itaqua	2 367	1 685	2 743
Paraguay	2 085	1 491	2 491

Paraguari, Central, Cordillera	27,4 %
Caaguazu, Alto Parana	20,9 %
Misiones, Itapos	16,9 %
Conception, San Pedro Amambay	16,3 %
	<hr/> 81,5 %

La pluviosité est caractérisée par des isohyètes orientées pratiquement nord-sud qui placent la zone principale de culture entre des précipitations moyennes annuelles de 1 300 et 1 700 mm, avec une grande irrégularité dans la répartition des pluies. De ce fait, si la balance hydrique est globalement favorable, les cultures annuelles et particulièrement les cotonniers doivent parfois supporter des périodes sèches assez longues (30 jours) en pleine végétation.

Le pays est soumis à des variations de température importantes dont il faut tenir compte pour fixer

le calendrier agricole. Les semis de cotonniers ne peuvent être faits avant le 1^{er} octobre, et la récolte doit être pratiquement terminée vers la fin avril.

La fertilité naturelle des sols du Paraguay est loin d'être négligeable, comme le montre le tableau 2 (3, 6, 7) : 75 % des rendements obtenus depuis 1970 avec la variété Réba B 50, pour la plupart sans engrais, sont égaux ou supérieurs à 1 490 kg/ha.

Le milieu producteur est un milieu de petits agriculteurs dont 41,4 % ont moins de 5 ha et 44,8 % de 5 à 21 ha, avec une tendance vers un accroissement de superficies pour les zones de colonisation plus récente.

Chacun de ces facteurs a joué un rôle dans le dispositif expérimental adopté pour résoudre les problèmes agronomiques qui étaient posés.

MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

En 1971, les résultats ou les observations disponibles laissaient entrevoir :

- une déficience en phosphore, d'après les analyses de sols ;
- une déficience possible en potassium, d'après les symptômes observés ;
- des besoins en azote globalement peu importants ;
- une très faible probabilité de besoins en soufre et bore, autres éléments importants pour le cotonnier.

La méthode expérimentale utilisée a comporté deux phases :

- détermination des déficiences minérales ;

- détermination des formules d'engrais vulgarisables.

Le fait qu'une partie importante de cette expérimentation (18 essais sur 28) ait été réalisée chez les agriculteurs paraguayens par eux-mêmes, donc avec leurs techniques culturales, est un aspect original qui s'est révélé très positif. La vulgarisation des résultats est largement facilitée.

Détermination des déficiences minérales

La méthode expérimentale (3), qui a fait ses preuves à l'échelle de l'Afrique tropicale, a été adaptée aux deux seules déficiences dont il convient de vérifier l'existence, l'importance relative et la localisation géographique. Elle utilise la méthode soustractive, selon le dispositif suivant :

Objets	Eléments (kg/ha)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Témoin	0	0	0
NSPK	36	35	96 *
NSP (— K)	36	35	0
NSK (— P)	36	0	96

* 48 kg/ha de K₂O en 1972-73.

L'azote provient pour partie du phosphate d'ammoniaque épandu au semis, qui apporte le phosphore, pour partie de l'urée épandue en début de floraison. Le potassium est apporté sous forme de sulfate de potassium au semis.

Les résultats sont exprimés en valeur absolue (kg/ha de coton-graine) et en % de la formule complète NSPK, ce qui permet d'évaluer, d'une part, l'importance globale de la fertilisation minérale en tant que facteur limitant, d'autre part, les valeurs des déficiences existantes.

Chaque essai a fait l'objet de prélèvements foliaires et des observations correspondantes, afin de permettre une extrapolation et une multiplication des résultats par analyses foliaires. A cet effet, les emplacements des essais ont été choisis de façon à avoir des situations allant de la forte carence potassique à l'absence totale de besoins. Ce choix a été fait à partir des symptômes foliaires observés sur des cotonniers de l'année précédente.

L'ensemble de ces couples, résultats agronomiques-analyses foliaires, permettent de définir une fonction de production qui offre l'avantage de multiplier les

informations beaucoup plus facilement qu'avec des essais aux champs.

Détermination des formules d'engrais vulgarisables

Les déficiences en phosphore ou en potassium confirmées, la détermination de la dose optimale a été faite par la mise en place d'essai de courbes de réponse pour ces deux éléments, selon le dispositif suivant, en prenant comme exemple le cas du potassium.

Objets	Eléments (kg/ha)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Témoin	0	0	0
NSPK ₀ (— K) ..	36	35	0
NSPK ₁	36	35	48
NSPK ₂	36	35	96
NSPK ₃	36	35	192
NSK ₃ (— P) ...	36	0	96

L'adjonction du dernier objet permet d'obtenir une information supplémentaire sur l'état de la nutrition phosphatée.

Les essais concernant le phosphore étaient analogues à ceux-ci, P et K étant permutés. Les doses de P₂O₅ étaient alors de 34,5, 69 et 138 kg/ha.

Ces essais ont également fait l'objet de prélèvements foliaires, afin d'étudier la possibilité d'établir un diagnostic sur l'efficacité des formules d'engrais proposées à partir des résultats d'analyses foliaires.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Anticipant sur les conclusions pratiques de cette étude conduisant à prendre des décisions de fertilisation à l'échelle de la parcelle, les interprétations des résultats se feront généralement à partir des médianes des résultats et non des moyennes dont l'intérêt se situe à l'échelle nationale.

Les déficiences minérales

L'ensemble des résultats agronomiques obtenus au cours des trois années 1973, 1974 et 1975 est rassemblé dans le tableau 3.

La nutrition minérale, facteur limitant

La comparaison des résultats, en présence ou en l'absence d'une fumure minérale plus ou moins complète, montre l'importance de celle-ci en tant

que facteur limitant. Elle a une action positive dans 15 cas sur les 28 essais. Cette proportion ne saurait refléter son importance à l'échelle nationale, du fait du choix non aléatoire des emplacements d'essai.

Les deux populations de résultats (réponse ou non aux engrais) se caractérisent par leurs médianes respectives :

	Témoin	Avec NSPK
Réponse positive	1 533	1 998
Sans réponse	1 993	2 105

Il semble donc que la baisse de fertilité observée soit due presque essentiellement à un problème de nutrition minérale qui peut être résolu par un apport d'engrais.

Tableau 3. — Résultats des essais soustractifs (en kg/ha de coton-graine et en % de la formule NSPK) des années 1973, 1974 et 1975, au Paraguay.

Années	Localités	Témoin	NSPK	— K	— P
1973	Conception	1 993 = 100	1 998 = 100	1 932 = 99	1 915 = 96
	Loretto	1 833 = 91	2 017 = 100	1 971 = 98	1 993 = 94
	Caacupe	1 538 = 77 *	1 988 = 100	1 550 = 78	1 976 = 94
	Piraretta I	1 574 = 72 *	2 127 = 100	1 740 = 82	1 727 = 81
	Piraretta II	1 522 = 94	2 687 = 100	2 754 = 102	2 489 = 93
	Espinillo	2 450 = 101	2 438 = 100	2 477 = 102	2 344 = 96
	Pastoreo	1 919 = 84	2 277 = 100	2 577 = 113	2 012 = 88
	Caazapa	2 174 = 98	2 217 = 100	2 146 = 97	2 347 = 106
	San Ignacio	1 035 = 63 **	1 633 = 100	1 365 = 84 *	1 380 = 85 *
	S. Juan Bautista I ..	1 100 = 88 *	1 256 = 100	1 143 = 91	1 302 = 104
	S. Juan Bautista II ..	1 404 = 92	1 527 = 100	1 478 = 97	1 629 = 107
	Fram	987 = 80 *	1 239 = 100	1 395 = 113	1 091 = 88
	Cap. Miranda	2 000 = 95	2 104 = 100	2 084 = 99	1 839 = 90
1974	Loretto	754 = 110	685 = 100	806 = 118	718 = 105
	Caacupe	1 476 = 62 **	2 398 = 100	1 587 = 66 **	1 871 = 78 **
	Piraretta 72	1 035 = 63 **	1 642 = 100	978 = 60 **	1 207 = 74 **
	Piraretta 73	1 006 = 70 **	1 442 = 100	1 152 = 80 **	1 266 = 88
	Pastoreo	3 003 = 86 *	3 505 = 100	3 387 = 97	3 193 = 91
	La Colmena	2 035 = 95	2 189 = 100	2 164 = 99	2 115 = 97
	S. Juan Bautista 72 ..	1 721 = 94	2 058 = 100	1 608 = 78 *	1 897 = 92
	S. Juan Bautista 73 ..	1 780 = 77	2 320 = 100	1 824 = 79 **	1 970 = 85 *
	San Ignacio	2 647 = 79 **	3 348 = 100	2 715 = 81 **	3 196 = 95
	Cor. Bogado	1 533 = 81 *	1 882 = 100	1 728 = 92	1 336 = 71 **
	Fram	2 279 = 89	2 563 = 100	2 460 = 96	2 084 = 81 *
1975	San Antonio	1 552 = 91	1 703 = 100	1 600 = 94	1 658 = 97
	Piraretta	1 141 = 68 **	1 687 = 100	1 344 = 30 **	1 677 = 99
	Pastoreo	2 286 = 74 **	3 095 = 100	2 718 = 88 **	2 549 = 82 **
	S. Juan Bautista	1 821 = 79 **	2 290 = 100	1 871 = 82 **	1 883 = 82 **

* Significatif à P = 0,05

** Significatif à P = 0,01

La déficience potassique

Les symptômes foliaires

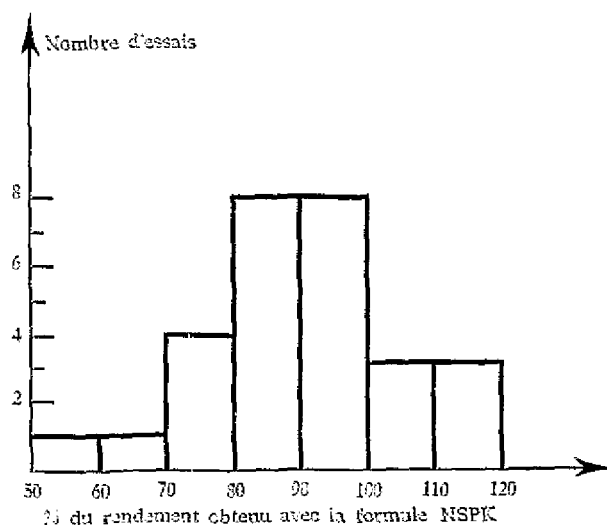
La déficience potassique peut se diagnostiquer aisément par l'observation des symptômes foliaires. Elle se manifeste généralement au début de la maturation des capsules. Le limbe commence par prendre, entre les nervures, une coloration jaunâtre donnant ensuite un vert bronze. De petites nécroses apparaissent entre les nervures et sur la partie marginale du limbe. Finalement, la feuille devient entièrement brune et sèche. En l'absence de pluie ou de vent, elle reste attachée à la branche par le pétiole, ce qui donne aux plantes un aspect très caractéristique.

Les résultats agronomiques

L'histogramme ci-contre, construit à partir des résultats du tableau 3, illustre l'importance relative de l'effet de la déficience potassique sur la production cotonnière.

La déficience potassique peut donc entraîner une

baisse importante de la production cotonnière dans certains cas (Caacupé et Piraretta).



Le diagnostic de la déficience potassique par analyses foliaires

La prospection des déficiences minérales par une expérimentation directe aux champs pose des problèmes : représentativité de chaque point expérimental et coût de réalisation étant les principaux. Pour cette raison, il paraît préférable d'utiliser le diagnostic foliaire pour multiplier les informations.

La méthode, largement utilisée à l'échelle de l'Afrique tropicale(4), a été transposée dans les conditions paraguayennes, afin de définir la relation existant entre les résultats agronomiques tels qu'ils sont exprimés dans le tableau 3 et les résultats

d'analyses foliaires. Cette relation est une fonction de production qui exprime le résultat agronomique en tenant compte des interactions éventuelles entre éléments, de l'âge physiologique du cotonnier défini par son niveau de floraison moyen et du poids d'un échantillon standard de feuilles. Le calcul est fait selon la méthode de régression pas à pas (step-wise regression).

Azote total, soufre et phosphore sont dosés à partir d'un échantillon de limbes. Le potassium est dosé à partir d'un échantillon de pétioles.

Dans le cas du potassium, la fonction de production est la suivante :

$$(1) \text{ Rd } (-K) = 157,48 - \frac{124,15}{K} + 4,96 \times F - 1,63 \times \text{pds} - \frac{6,58}{S} - \frac{3,34}{P}$$

où :

K = teneur en potassium exprimée en % de matière sèche des pétioles de feuilles prélevées sur les parcelles sans engrais ;

S et P = teneurs en soufre et phosphore exprimées en % de matière sèche des limbes des feuilles prélevées sur les parcelles sans engrais ;

F = niveau de floraison moyen ;

pds = poids moyen de l'échantillon de 30 feuilles séchées à 70°C.

L'analyse de la variance correspondante est résumée dans le tableau 4.

La concordance entre les résultats agronomiques et les résultats calculés par cette fonction de production est illustrée par le tableau 5 et la figure 1.

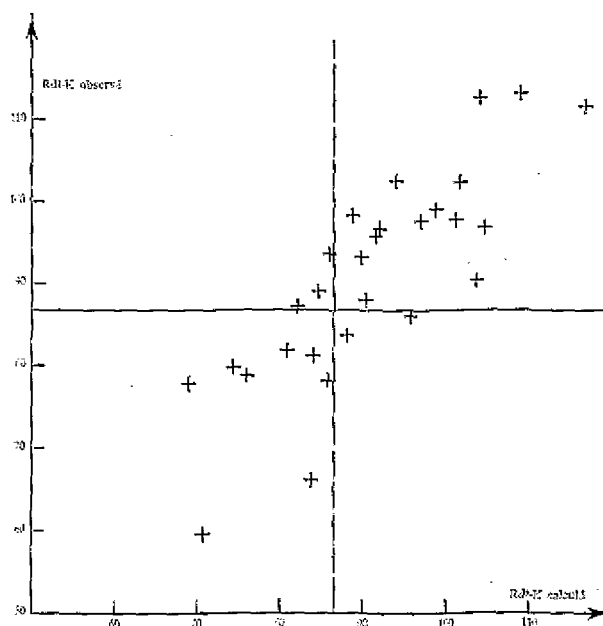


Fig. 1. — Comparaison des déficiences potassiques observées et calculées.

Tableau 4. — *Analyse de la variance du rendement de l'objet (—K).*

Variable explicative	% de variance expliquée	Coefficient de corrélation
1/K	32,4	72,4
F	6,2	24,9
pds	5,9	24,3
1/S	3,8	19,5
1/P	2,2	14,8
corrélation multiple	70,6	84,0

Tableau 5. — *Importance relative des déficiences minérales N, S, P et K au Paraguay. Années 1973, 1974 et 1975.*

Années	Localités	Importance relative des déficiences					
		N	S	P		K	
		(fonction)	(fonction)	(fonction)	(récolte)	(fonction)	(récolte)
1973	Conception	85	91	93	96	92	99
	Loretto	77	94	100	94	101	98
	Caacupe	86	93	91	94	82	78
	Pirareta I	89	92	84	81	85	82
	Pirareta II	92	93	86	93	97	102
	Espinillo	83	94	99	96	102	102
	Pastoreo	89	96	90	88	109	113
	Caazapa	80	96	105	106	105	97
	San Ignacio	85	95	91	85	88	84
	S. Juan Bautista I	80	96	95	104	90	91
	S. Juan Bautista II	85	96	94	107	94	97
	Fram	73	90	91	88	104	113
	Cap. Miranda	91	97	96	90	104	99
1974	Loretto	85	97	101	105	111	118
	Caacupe	84	95	92	78	84	66
	Pirareta 72	94	93	85	74	71	60
	Pirareta 73	92	92	90	88	69	80
	Pastoreo	83	94	99	91	92	97
	La Colmena	85	92	97	97	99	99
	S. Juan Bautista 72	89	96	94	92	86	78
	S. Juan Bautista 73	90	95	93	85	76	79
	San Ignacio	90	95	89	95	84	81
	Cor. Bogado	100	101	82	71	89	92
	Fram	83	90	78	81	96	96
1975	San Antonio	85	—	—	97	85	94
	Pirareta	86	93	90	99	75	80
	Pastoreo	93	94	86	82	90	88
	S. Juan Bautista	94	94	95	82	47	82

La déficience en phosphore

Les symptômes foliaires

L'importance relative de la déficience potassique au champ est représentée en fonction de celle calculée par la fonction de production correspondante. La correspondance est bonne dans 23 cas sur 28 (82 %). Le coefficient de corrélation de point (Phi-coefficient) est significatif à $P = 0,001$ ($r = 0,558$).

La déficience en phosphore se traduit par la présence de plants peu développés et de couleur vert très foncé. Un tel diagnostic n'a jamais pu encore être établi dans les conditions paraguayennes.

Les résultats agronomiques

L'importance relative de l'effet de la déficience en phosphore sur la production de coton-graine est illustrée par l'histogramme ci-contre, construit à partir des résultats du tableau 3.

La déficience en phosphore a un effet moins marqué que la déficience potassique sur la production.

Il est important de constater que les déficiences potassique et phosphatée sont présentes simultanément dans 21 cas sur 28 (75 %), avec un coefficient de corrélation de point significatif à $P = 0,01$ ($r = 0,497$). La facilité de diagnostic de la déficience potassique devient un guide précieux pour orienter les applications d'engrais.

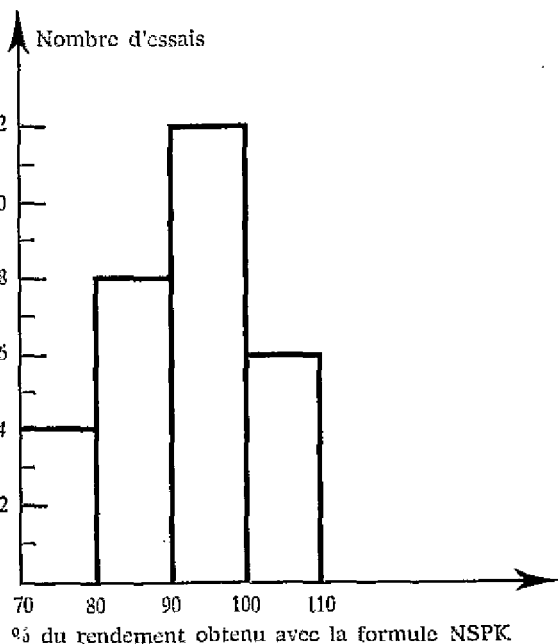
Le diagnostic de la déficience en phosphore par analyses foliaires

Comme pour le potassium, il est possible de définir une fonction de production qui donne la relation existant entre les résultats agronomiques et les résultats d'analyses foliaires. Cette fonction est la suivante :

$$(2) \text{ Rdt } (-P) = 109,11 - \frac{7,82}{P} - \frac{9,32}{S} - 2,37 \times F + \frac{113,03}{N} + \frac{18,42}{K}$$

P, S, F et K ont les mêmes significations que dans le cas précédent.

N = teneur en azote exprimée en % de matière sèche des limbes des feuilles prélevées sur les parcelles



sans engrais.

L'analyse de variance correspondante est résumée dans le tableau 6.

Tableau 6. — Analyse de la variance du rendement de l'objet (-P).

Variance explicative	% de variance expliquée	Coefficient de corrélation
1/P	29,4	54,2
1/S	7,5	27,4
F	5,4	23,2
1/N	2,5	17,0
1/K	1,6	12,6
corrélation multiple	46,8	68,4

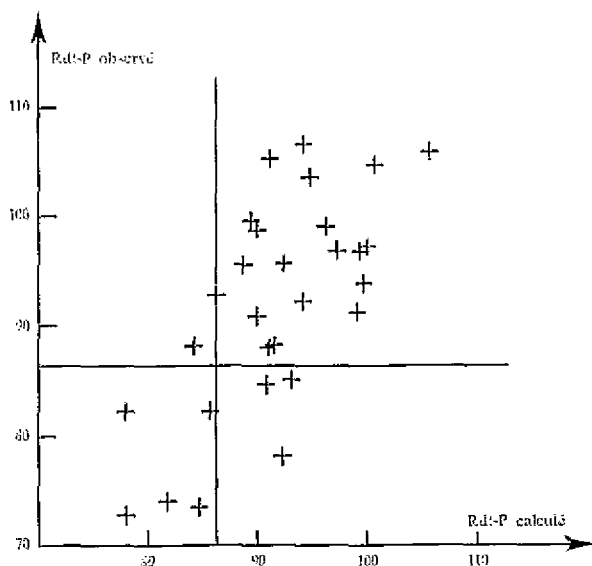


Fig. 2. — Comparaison des déficiences phosphatées observées et calculées.

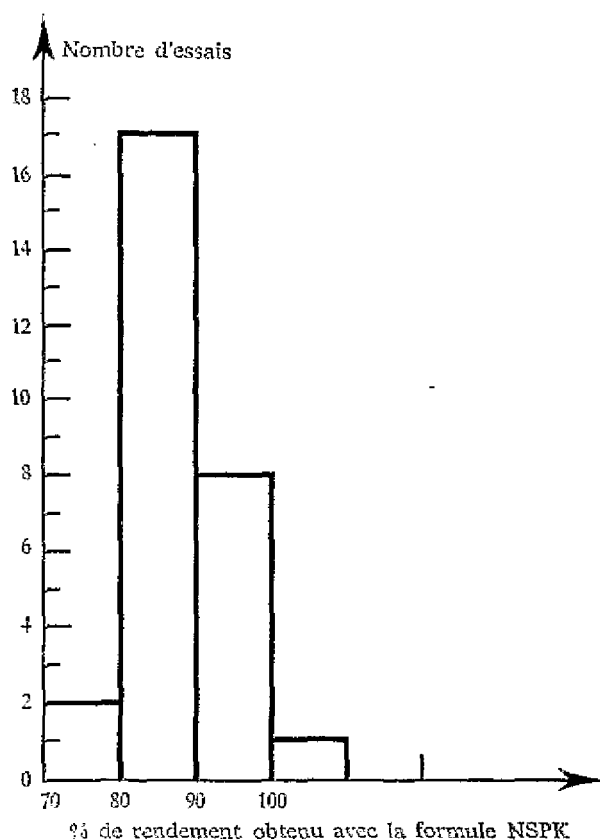
La concordance entre les résultats agronomiques et les résultats calculés par cette fonction de production est illustrée par le tableau 5 et la figure 2, analogue à la précédente. La concordance est bonne dans 24 cas sur 29 (82 %). Le coefficient de corrélation de point (Phi — coefficient) est significatif à $P = 0,001$ ($r = 0,556$).

Les autres déficiences

La déficience azotée

Trois essais soustractifs réalisés en 1974 comportaient un traitement (—N). Aucune déficience azotée ayant une influence significative sur la production n'a été mise en évidence.

Dans le tableau 5, une image des besoins possibles en azote est donnée par la fonction de production établie en Afrique tropicale. L'histogramme ci-dessous, construit à partir de ces résultats, semble montrer que ces besoins peuvent néanmoins exister.



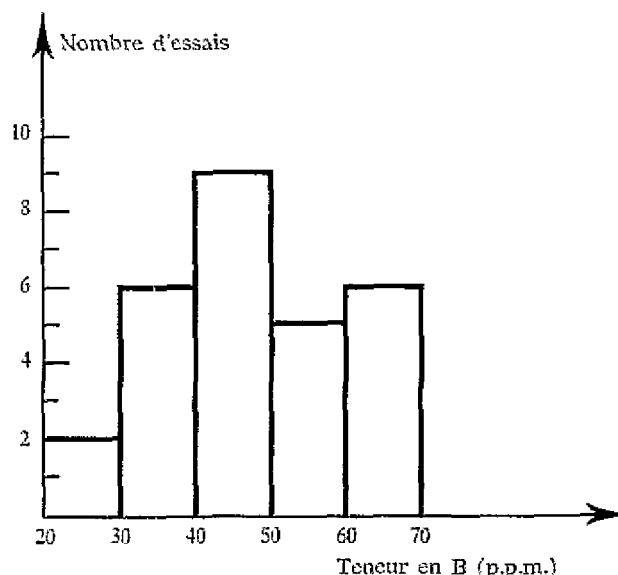
Les observations faites sur l'évolution de la nutrition azotée montrent l'importance des conditions écologiques (température, pluviosité) (2).

L'étude de ce problème est poursuivie.

Les déficiences soufrée et borique

Les résultats du tableau 5 montrent que la fonction (—S) est toujours égale ou supérieure à 90 %, ce qui montre très probablement qu'il n'existe pas de besoins en soufre. Les sulfates, d'une façon générale, ne sont donc pas des engrais obligatoires.

Les observations faites sur les teneurs en bore sont illustrées par l'histogramme ci-dessous.



Si on admet que le niveau critique pour le bore se situe vers 15 p.p.m., la probabilité d'une déficience de cet élément est très faible.

Les doses optimales de potassium et de phosphore

La dose optimale de potassium

Huit essais de courbes d'action du potassium ont été mis en place au cours des campagnes 1973 et 1974. Cinq de ces essais sont à retenir pour en tirer un enseignement pratique (réponse statistiquement significative au potassium et homogénéité satisfaisante). Les résultats correspondants sont réunis dans le tableau 7 et illustrés par la figure 3.

L'ensemble de ces résultats est homogène et montre que la dose optimale de potassium se situe au niveau de 90 kg/ha de K₂O.

L'effet de la déficience potassique est important sur la répartition des récoltes, comme le montrent, à titre d'exemple, le tableau 8 et la figure 4.

La différence de production n'apparaît qu'à la deuxième récolte et s'accroît aux troisième et quatrième récoltes.

Il est possible de rapprocher ces résultats agronomiques des résultats d'analyse foliaire en utilisant la notion de niveau critique, teneur au-dessous de laquelle une réponse positive à un apport de cet élément dans une fumure minérale est probable. La moyenne des plus petites différences significatives pour l'ensemble des essais réalisés au Paraguay est de 13,3 %. On est donc en droit

Tableau 7. — Résultats des essais de courbes d'action du potassium (kg/ha de coton-graine), au Paraguay. Campagne 1973 et 1974.

Dose de K ₂ O kg/ha	Caacupe 73	Pirareta 73	Caacupe 74	Pirareta 74	San Ignacio 74
0	1 550	1 727	1 587	978	2 715
48	1 780	1 959	1 815	1 268	2 939
96	1 988	2 127	2 398	1 642	3 348
134	1 863	2 098	—	—	—
192	—	—	2 403	1 705	3 217
d.s. à P = 0,05	227	267	253	284	382

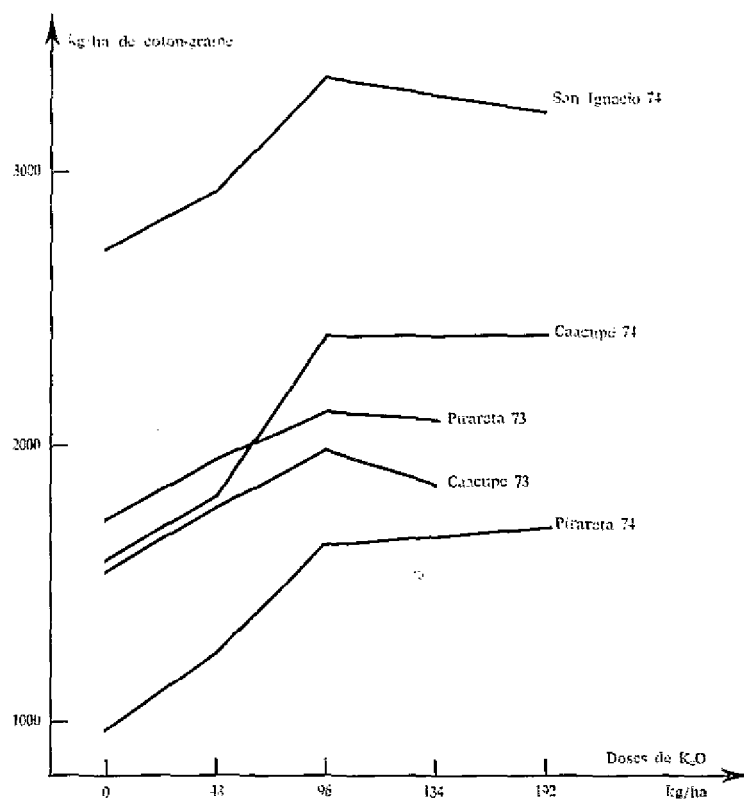


Fig. 3. — Courbes d'action du potassium. Paraguay, 1973 et 1974.

Tableau 8. — Comparaison des récoltes de l'essai de Pirareta, 1974, avec potassium (96 kg/ha de K₂O) et sans potassium.

Dose de K ₂ O kg/ha	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	3 ^e récolte	4 ^e récolte	Total
0	295 kg/ha = 30,3 %	473 kg/ha = 48,5 %	136 kg/ha = 16,0 %	51 kg/ha = 5,2 %	975 kg/ha = 100 %
96	209 kg/ha = 12,7 %	784 kg/ha = 47,8 %	417 kg/ha = 25,4 %	230 kg/ha = 14,0 %	1 640 kg/ha = 100 %

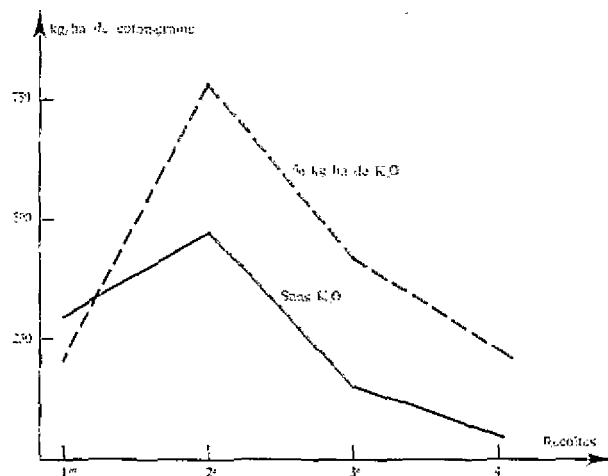


Fig. 4. — Influence de la fertilisation potassique sur la précocité. Piraretá 1974.

d'attendre un effet positif du potassium et le rendement (—K) est inférieur à 86,7 % de celui de la

formule complète. Ce seuil est adopté pour déterminer le niveau critique qui est donné par la formule suivante :

$$K_c = \frac{124,15}{70,79 - \frac{9,32}{S} - 2,27 \times F + \frac{113,03}{N} + \frac{18,42}{K}}$$

Le niveau critique ainsi précisé est utilisé pour définir un indice de nutrition potassique de la façon suivante :

$$\text{Indice K} = \frac{K_o}{K_c} \times 100$$

ou K_o = teneur en potassium observée ;

K_c = niveau critique calculé à partir de la relation (3).

L'application de cette loi aux résultats des cinq essais de courbes d'action du potassium est résumée dans le tableau 9.

Tableau 9. — *Indice de nutrition potassique des essais de courbes d'action du potassium, au Paraguay. Campagne 1973 et 1974.*

Doses de K_2O kg/ha	Caacupe 1973	Piraretá 1973	Caacupe 1974	Piraretá 1974	San Ignacio 1974
0	79,2	61,2	47,6	53,7	102,0
48	95,5	104,4	87,0	87,4	120,0
96	114,7	135,2	103,5	114,6	124,9
134	113,4	134,7	—	—	—
192	—	—	120,7	136,8	129,6

La nutrition potassique peut être considérée comme satisfaisante lorsque l'indice de nutrition correspondant est égal ou supérieur à 100. Les besoins ont été parfaitement décelés dans quatre cas sur cinq, et la dose optimale vérifiée dans trois cas sur cinq.

La dose optimale de phosphore

Neuf essais de courbes d'action du phosphore ont été réalisés au cours des campagnes 1974 et 1975. Cinq de ces essais donnent des résultats statistiquement significatifs avec un contrôle du parasitisme valable (tabl. 10 et fig. 5).

Tableau 10. — *Résultats des essais de courbes d'action du phosphore (kg/ha de coton-graine), au Paraguay. Campagne 1974 et 1975.*

Dose de P_2O_5 kg/ha	S.J. Bautista 1974	Fram 1975	Piraretá 1975	Pastereo 1975	S.J. Bautista 1975
0	1 970	2 084	1 678	2 549	1 884
34	2 320	2 563	1 688	3 095	2 183
68	2 263	2 824	1 866	3 266	2 290
136	2 250	2 811	2 233	3 278	2 369
d.s. à $P = 0,05$	272	456	233	273	250

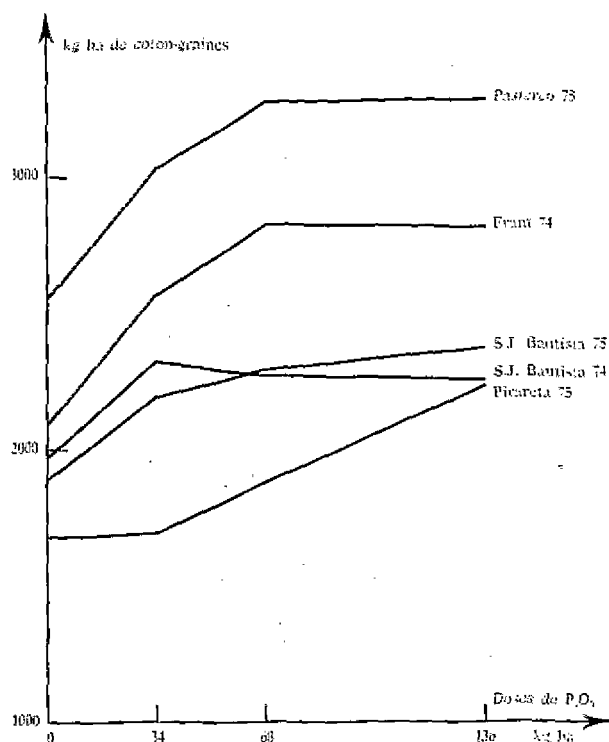


Fig. 5. — Courbes d'action du phosphore. Paraguay 1974 et 1975.

Dans quatre cas sur cinq, l'effet du phosphore est statistiquement significatif dès la dose de 34 kg/ha de P_2O_5 et ne s'accroît pas au-delà. Cette dose peut être considérée comme optimale, en présence de 90 kg/ha de K_2O .

Il ne semble pas que les analyses foliaires puissent être exploitées pour évaluer correctement l'efficacité de la fertilisation phosphatée. Les techniques d'analyses du sol ont également besoin d'être précisées pour atteindre cet objectif.

Dans l'état actuel de nos connaissances, les deux

seuls guides pour la fertilisation phosphatée du cotonnier restent la bonne concordance observée entre déficience potassique et phosphatée et les résultats agronomiques présentés ci-dessus.

Les recherches sur ce point demandent donc à être poursuivies.

Les effets de la fertilisation phospho-potassique sur la qualité de la fibre

La fertilisation potassique a pour effet principal d'accroître le pourcentage de fibres mûres et ainsi d'augmenter l'indice micronaire (tabl. 11).

Un apport de 90 kg/ha de K_2O se traduit par un accroissement de l'indice micronaire de 0,66.

L'influence de la fertilisation phosphatée est très nette sur la longueur de la fibre :

Longueur moyenne observée
sur 6 épaisseurs de 1974 et 1975

Témoin sans engrais	27,9 mm
0 kg/ha de P_2O_5	27,7 mm
34 " "	29,2 mm
68 " "	28,8 mm
136 " "	29,2 mm

La dose de 34 kg/ha de P_2O_5 augmente la longueur de la fibre de 1,5 mm.

Formule d'engrais vulgarisable

L'association des deux séries de résultats conduit à proposer à la vulgarisation la formule suivante :

75 kg/ha de phosphate d'ammoniaque,
150 kg/ha de chlorure de potassium ;

soit : 13,5 kg/ha de N,

34,5 kg/ha de P_2O_5 ,
90 kg/ha de K_2O .

Cet engrais doit être appliqué au moment de la levée des cotonniers.

Tableau 11. — Influence de la fertilisation potassique sur les caractéristiques technologiques de la fibre, au Paraguay. Cinq essais, 1973 et 1974.

Caractéristiques	Témoin sans engrais	$K_2O = 0$	$K_2O = 48$ kg/ha	$K_2O = 96$ kg/ha	d.s. à $P = 0,05$
% fibres mûres	78,2	74,4	79,4	80,8	3,8
Indice micronaire	4,08	3,81	4,18	4,47	0,35

EXPLOITATION DES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

La fertilité des sols paraguayens est généralement bonne (tabl. 2). Mais dans certaines situations

écologiques, les déficiences potassique et phosphatée peuvent entraîner des baisses de production im-

portantes. Cette situation interdit la généralisation de l'application de la formule d'engrais proposée à l'ensemble de la culture cotonnière. Dans beaucoup de situations, elle se traduirait par une dépense inutile.

La coexistence assez fréquente des deux déficiences représente un guide utile pour orienter l'application de cette fertilisation, compte tenu de la facilité de diagnostic de la déficience potassique. Ceci suppose une large information sur les symptômes de cette dernière, permettant à tous les utilisateurs et à leurs conseillers d'orienter la fertilisation phospho-potassique avec une sécurité aussi bonne que possible.

Ces deux observations importantes doivent présider actuellement à toute vulgarisation de la fertilisation de la culture cotonnière.

Au cours des campagnes 1975 et 1976, une expérimentation multi-locale a été réalisée sans tenir compte de ces deux observations, donc avec une disposition sensiblement aléatoire vis-à-vis du problème étudié. La formule étudiée était celle proposée à la vulgarisation : 75 kg/ha de phosphate d'ammoniaque et 150 kg/ha de chlorure de potassium.

Tableau 12. — *Augmentation de la production de coton-graine (kg/ha) sous l'effet de la fertilisation phospho-potassique, au Paraguay, 1975 et 1976.*

Quintiles	Augmentation de la production (kg/ha de coton-graine)	Nombre d'essais
1 ^{er}	0 à 138	6
2 ^e	139 à 276	3
3 ^e	277 à 414	2
4 ^e	415 à 552	3
5 ^e	553 à 690	4
Mediane	340 kg/ha	

Les résultats (tabl. 12) sont intéressants dans la mesure où ils illustrent la conséquence pratique de l'application généralisée de cette formule sans tenir



Fig. 1. — Symptômes foliaires de la déficience en potassium (Paraguay).

compte des deux observations précédentes. L'application des engrais est inutile dans six cas, probablement rentable dans sept cas et discutable dans les cinq cas intermédiaires en fonction des conditions économiques du moment. L'efficacité de cette technique pourra être sans aucun doute améliorée en tenant le plus grand compte des observations des campagnes précédentes.

En 1976, le dispositif expérimental a permis de constater que l'effet de la fertilisation minérale est le même sur les deux variétés Réba B 50 et P 279. Toute l'information acquise avec la première variété est donc transposable à la nouvelle.

CONCLUSION

L'expérimentation réalisée au Paraguay de 1972 à 1976 conduit à proposer une formule d'engrais vulgarisable.

L'efficacité de cette formule repose sur un diagnostic des besoins qui peut être fait au cours des campagnes précédentes, soit par l'observation des symptômes de déficience potassique, soit par l'interprétation des résultats d'analyses foliaires.

La causalité des déficiences phospho-potassiques demeure un problème intéressant à étudier dans la mesure où sa solution pourrait servir à orienter les efforts de vulgarisation en matière de fertilisation.

Enfin, il reste une étape qui peut se révéler importante : l'étude de la fertilisation azotée liée aux variations des conditions écologiques.

BIBLIOGRAPHIE

1. L. ALBERTO ALVAREZ. — Prioridades nacionales. Ministère de l'Agriculture, Asuncion, 1976.
2. R. BENITEZ et M. BRAUD. — Première étude de la fructification du cotonnier Reba B 50 à la station de Caacupe. Document non publié, 1974.
3. M. BRAUD. — La fertilisation minérale du cotonnier dans les pays en voie de développement. Esquisse d'une méthodologie. 2^e colloque européen et méditerranéen sur le contrôle de la fertilisation des plantes cultivées. Seville, sept. 1968.
4. M. BRAUD. — Le contrôle de la nutrition minérale du cotonnier par analyses foliaires. 3^e colloque européen et méditerranéen sur le contrôle de l'alimentation des plantes cultivées. Budapest, sept. 1972.
5. M. BRAUD. — Rapports de mission au Paraguay. 1972 à 1975, Documents I.R.C.T. non publiés.
6. P. DEBRICON. — Rapports sur l'amélioration de la production cotonnière. 1972 à 1975, Documents I.R.C.T. non publiés.
7. J.P. ROUX. — Rapports de mission au Paraguay. 1972 à 1975, Documents I.R.C.T. non publiés.

SUMMARY

In certain situations, potassium and phosphorus deficiencies are limiting factors in cotton production.

A deficiency in potassium can easily be diagnosed by visual observation or interpretation of the results of foliar analyses. At present, phosphorus deficiency in Paraguay can be detected only by an interpretation of the results of foliar analyses; phosphorus deficiency is often associated with potassium deficiency.

A fertiliser formula is suggested for extension services, consisting of:

75 kg/ha of ammonium phosphate + 150 kg/ha of potassium chloride.

Well applied, such fertilisation can result in an increase of production of 30 to 60 per cent and an appreciable improvement of fibre length and maturity.

RESUMEN

En ciertas condiciones, las deficiencias potásicas y fosfatadas representan factores limitantes para la producción algodonera.

La deficiencia potásica puede ser fácilmente diagnosticada por observaciones visuales o interpretación de los resultados de análisis foliares. La deficiencia fosfatada no puede ser determinada actualmente en el Paraguay que por la interpretación de los resultados de análisis foliares.

Esta deficiencia, con frecuencia, esta asociada a la

deficiencia potásica.

Una formula de fertilización es propuesta a nivel de productores:

75 kg/ha de fosfato de amoníaco, 150 kg/ha de cloruro de potasio.

Bien orientada, la aplicación de esta fertilización puede favorecer el crecimiento de la producción de 30 a 60 % y un mejoramiento sensible de la longitud y madurez de la fibra.